STCW-G 系列连续激光灯电源

使用说明书



新加坡新特光电技术有限公司
广州安特激光技术有限公司
武汉新特光电技术有限公司

目 录

前 言 …… 3
1 简介 …… 3
1.1 型号说明 …… 4
1.2 主要技术指标 …… 4
1.3 保护功能 …… 4
2 工作原理 …… 4
2.1 引燃点火 …… 4
2.2 恒流原理 …… 4
2.3 缓上电和软启动保护 …… 5
2.3.1 缓上电保护 …… 5
2.3.2 软启动保护 …… 5
2.4 欠电压和失电保护 …… 5
2.5 过流保护 …… 5
2.6 过热保护 …… 5
2.7 外控保护 …… 5
2.8 电流显示 …… 6
2.9 外控接口 …… 6
2.9.1 启/停控制 …… 7
2.9.2 设定工作电流 …… 7
2.9.3 机器工作状态指示 …… 7
2.9.4 休眠控制 …… 7
2.9.5 引然成功信号 …… 7
3 外形结构及面板说明 …… 8
3.1 数显表 …… 8
3.2 允许启动灯（POWER） …… 8
3.3 点灯成功指示灯（LASER） …… 8
3.4 报警灯（ALARM） …… 8
3.5 电流调节旋纽 …… 8
3.6 启动按钮（START） …… 8
3.7 内、外控（INNER—OUTER）开关 …… 9
3.8 停止按钮（STOP） …… 9
3.9 电源总开关 …… 9

3.10 电源插座 ········ 9
3.11 高压输出端子 ········ 9
3.12 外控插座 ········ 9
3.13 外控保护端子 ········ 9
4 安装接线 ········ 9
4.1 电源线 ········ 9
4.1.1 STCW24AG，STCW34AG 型 ········ 9
4.1.2 STCW22AG，STCW32AG，STCW42AG 型 ········ 10
4.1.3 STCW22CG，STCW32CG，STCW42CG 型 ········ 10
4.1.4 STCW22BG，STCW32BG 型 ········ 10
4.2 氪灯连接线 ········ 10
4.3 外控线 ········ 10
4.4 保护接地 ········ 11
5 通电检查与操作说明 ········ 11
6 参数调整 ········ 12
7 使用建议 ········ 13
7.1 加强抗干扰措施 ········ 13
7.1.1 屏弊 ········ 13
7.1.2 电源隔离 ········ 13
7.1.3 腔体悬浮 ········ 13
7.2 装置供电电源的选择 ········ 13
8 异常现象释疑与处理方法 ········ 14

前 言

欢迎您使用我公司生产的 STCW-G 系列连续激光电源，如果您是首次使用我公司的激光电源，在通电前请务必仔细阅读本使用手册。

本手册适用于我公司系列激光电源产品，对于特殊订货的产品，请仔细阅读手册中另附的特别说明。

打开包装箱后，首先请核对随机附件（4 个接线鼻，2 个航空插头）。



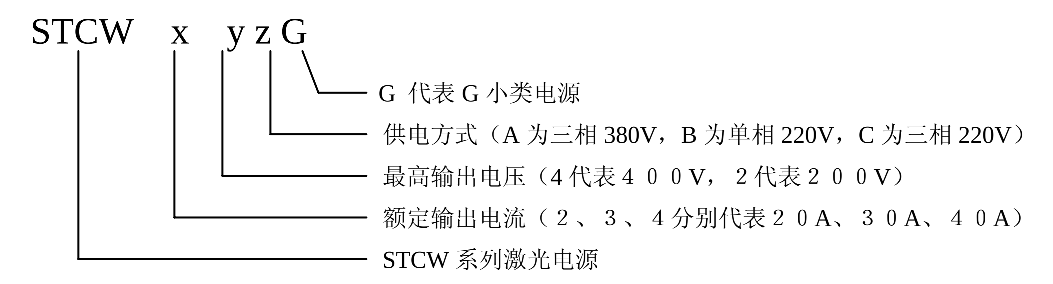
如果随机附件不齐全或有运输过程中的损坏，请与我们联系。

1 简介

我公司生产的连续激光灯电源是专门为连续氪灯而设计的高性能自动引燃恒流电源，主要用于连续固体激光器中。

STCW-G 系列连续激光电源均采用新型功率器件 IGBT 构成功率驱动单元，电源效率达 95%以上。电源采用专用恒流控制模块实现快速电流控制，本装置引入了高精度电流外环。在快速电流内环和精密电流外环的双闭环控制下，本电源输出电流的波纹极小，电流稳定度高。电源工作频率在超声频段，无电流噪声。引燃点火部分采用串联高压包引弧，RC 次高压维持，低压恒流的三级续流方式，配合点火监测回路，实现自动点火，使一次点火成功率达 99%以上。机内加入了缓上电和软启动设施，避免了上电和启动电流冲击。独特的“休眠”功能可以使机器在工作时输出工作电流，而待机时仅输出较小的维持电流维持氪灯的电弧，这样不仅能整机效率、减轻冷却系统负担，还可以大大延长氪灯寿命。通过机内远程控制接口，可以在机外控制电源的启停、调节电流的大小和指示工作状态。全面有效的多种安全保护是本机的一大特点，既能确保操作者的人身安全，也可保证设备本身和负载灯管的可靠工作。

1.1 型号说明



1.2 主要技术指标

型号	STCW22AH	STCW32AH	STCW24AH	STCW22BH	STCW32BH
最大输出电流	25	30	20	25	30
最高输出电压	200V	200V	400V	200V	200V
输出电流波纹	≦0.4%	≦0.4%	≦0.4%	≦0.4%	≦0.4%
控制精度	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%
休眠电流	7A	7A	7A	7A	7A
开关工作频率	20KHZ	20KHZ	20KHZ	20KHZ	20KHZ
允许交流电压波动	±15%	±15%	±15%	±15%	±15%
允许工作环境温度	0～50℃	0～50℃	0～50℃	0～50℃	0～50℃
工作环境湿度范围	≦90%	≦90%	≦90%	≦90%	≦90%
对交流电源要求	380V, 6KVA	380V，9KVA	380V，11KVA	220V，6KVA	220V，9KVA
外形尺寸 mm	500x481x135	500x481x135	500x481x135	500x481x180	500x481x180
重量	23.5kg	23.5kg	25kg	23.5kg	23.5kg

注：对于点火成功后的电源，当供电电源电压出现负 10％偏差时，其工作正常，但不保证提供最大输出功率；如在供电电源电压为负 10％偏差时实施点火，成功率会有所下降。

1.3 保护功能

电源所具备的保护功能有：缓上电和软启动保护、欠电压和失电保护、过流保护、过热保护及外控保护。

2 工作原理

2.1 引燃点火

根据氪灯的伏安特性曲线，需要一个两万伏左右的高压脉冲将氪灯的气体击穿，并使工作电流大于最低燃弧电流，这时氪灯被点燃，工作电流越大发光越强。

2.2 恒流原理

本电源的电流调节采用独特的 PWM 控制技术，通过专用智能恒流模块来实施。通过控制 IGBT 导通和截止来调节电流的大小。IGBT 工作在开关频率作自适应变化的开关状态，当它开通时间加长，关断时间变短时，电流则增大；反之电流则减小。智能恒流模块

根据霍尔电流传感器反馈的实际电流值、实际电流的上升斜率以及给定电流值来快速调节IGBT 导通和截止的时间及驱动频率，实现高速电流闭环控制。

2.3 缓上电和软启动保护

2.3.1 缓上电保护

由于电源内部主回路采用了较大的滤波电容，为避免动力电直接合闸时对电容及外电网的电流冲击，机内加入了缓上电保护功能。若电容上的电压低于预定值，则“POWER”灯不亮，缓上电保护线路禁止机器启动。

2.3.2 软启动保护

当给定电流较大时，点灯成功后，如果没有软启动保护措施，电源的输出电流将在数十微秒内上升至给定值，这样会给冷态的灯管带来很大的热应力冲击，影响灯管的寿命及安全。机内加入的软启动保护的功能是：一旦点灯成功，输出电流从最小给定值（出厂时调定为 7.0A）缓慢上升至实际电流设定值，避免启动冲击。

2.4 欠电压和失电保护

欠电压保护具有施密特特性，如电网相电压低于 180V，则面板上“POWER”灯熄灭，欠电压保护动作，按动电源启动按钮无效。当电网相电压高于 185V 时，欠压保护撤消，同时点亮面板上“POWER”灯，此时允许机器工作。如机器在运行时电网相电压降低至 180V，机器自动停止工作。电网相电压恢复至 185V 时，则人工启动电源进入工作状态。

失电保护的含义是：如机器在运行时电网断电后又来电，电源不会自动进入工作状态，以免造成机器的错误运行。失电后如需启动电源，请重新按动“启动”按钮。

2.5 过流保护

一旦电源工作电流大于其标称电流值，过流保护即动作。机器进入保护状态后，点亮面板上“ALARM”灯并关机。

2.6 过热保护

机内功率单元散热器温度高于 75℃时，过热保护单元动作，机器停止工作,待机内温度降低至恢复值时重新启动才能工作。出现这种情况时建议用户改善通风散热条件，以免因过热而损坏机器。

2.7 外控保护

外控保护接点在后面板上，由两个红色接线柱构成，**只有在这两个接点短路时电源才能启动，否则按下启动按钮无效**。在工作过程中，如果这两个接点开路，电源将马上停止

工作。即使是断开后又接通，也需要重新启动。用户可将灯管冷却水的水压开关（水压正常时闭合）接在这两个接柱上，也可将冷却系统的温度保护开关（温度正常时闭合）接在这两个接线柱上。这样，外控保护即成为用户所需的冷却水的水压或冷却系统的温度保护。

2.8　电流显示

由内部逻辑控制，面板上的三位半数显表可显示电源实际输出电流值。

2.9　外控接口

机器设有外控接口接收外部控制信号并向外输出机器工作状态信号。外控接口由一只19 芯航空插头引出，其脚号及定义如下表：

脚号	定　义	说　明
1	停止触点 1	串接于线路内，外接触点容量须大于 5A/250V
2	停止触点 2/启动触点 1	同上　　(正常工作时 1/2 脚常闭)
3	启动触点 2	串接于线路内，外接触点大于 5A/250V (正常工作时 2/3 脚常开)
4	外设定信号入端（或接设定电位器支点）（电位器的 2 脚）	用于输入一设定电压值以控制电源的输出电流
5	外设定值上限输出，接设定电位器上端（电位器的 3 脚）	当设定电位器动点调至上端时，机器输出最大电流
6	外设定值下限输出，接设定电位器下端（电位器的 1 脚）	当设定电位器动点调至下端时，机器输出最小电流
7	电流表显示信号	供外控显示电流用 Vin+
8	电流表信号地	供外控显示电流用 Vin-
9	GND	外控数显表电源地
10	＋5V	控数显电源＋5V
11	POWER 指示	启动允许时为低电平
12	ALARM 指示	报警时为低电平
13	LASER 指示	电源正常时为低电平
14	STOP 指示	停机时为低电平
15	START 指示	运行时为低电平
16	休眠控制信号（+）	低电平休眠，高电平工作（接 10 脚）
17	休眠控制信号地（-）	16/17 脚没有接 5V 时电位器调节无效电流无变化（接 9 脚）
18	点火成功信号光偶输出	点火成功后，光耦导通（集电极）
19	点火成功信号光偶输出	（光偶发射极）

2.9.1 启/停控制

参阅上图，在外控口 1 脚与 2 脚闭合的情况下，外控口 2 脚与 3 脚触通一次即可启动机器，外控口 1 脚与 2 脚断开一次即能停机。外控启/停触点容量必须大于 5A/240VAC 。

2.9.2 设定工作电流

从外部调节机器工作电流的方式有两种，一为电位器调节，二是直接提供设定电压信号（参见图五及 2.9 节表格）。对于第一种方式，调节电位器，机器的工作电流将在休眠电流和最大允许工作电流之间连续变化（面板上为 2K、10 圈精密电位器）。对于第二种方式，在第 4 脚（信号端）和第 9 脚（GND）之间加上正的电压信号，便可以设定机器的工作电流。

2.9.3 机器工作状态指示

用户可以外接发光二极管和数显表来指示机器工作状态和显示输出电流值（见图）。数显表选用 XL-5135 输入信号为 1.999V，表头的 6 脚和 1 脚要短接。

2.9.4 休眠控制

机器引燃氪灯后，用户可根据自己的使用情况对机器进行休眠控制，以达到节能和延长氪灯寿命的效果。

当休眠控制信号为低电平时，引燃氪灯后，机器的输出电流并不等于设定电流值，而是等于氪灯的最小放电维持电流（出厂时约为 7.0A），此时机器处于休眠状态。一旦休眠控制信号变为高电平时，输出电流将缓慢上升到设定电流值；若休眠信号电平由高变低，输出电流又将缓慢回落到最小维持电流值。

~~从外部来的休眠控制信号通过光耦与机器~~内部隔离（参阅图五）。机器要求输入的休眠控制信号为标准 TTL 电平，如输入其它电平信号时，流经光耦二极管的电流须满足：

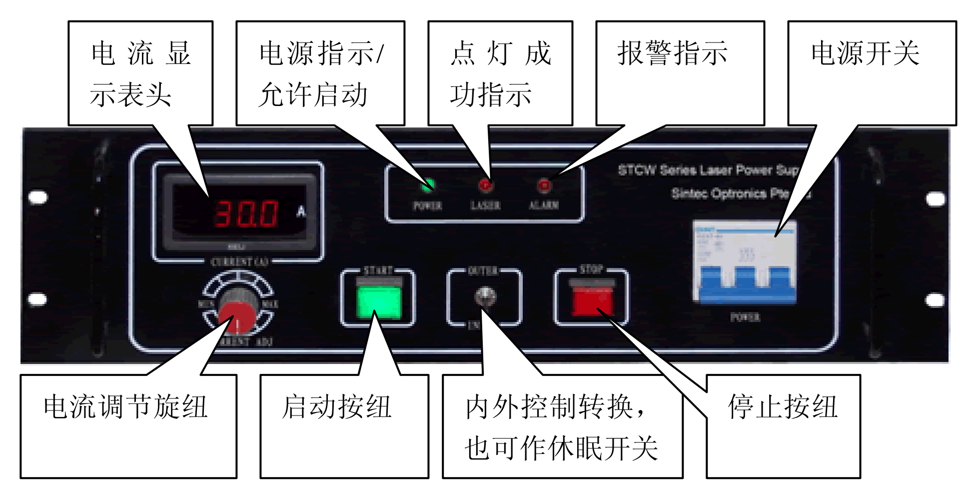
（1）工作时，电流大于 5mA 并小于 10mA。

（2）休眠时，电流小于 0.5mA。

2.9.5 引然成功信号

机器引燃氪灯后，通过外控口向外输出一状态信号，如图五，引燃成功后，光耦二极管导通，用户可将它作为上位机器的联络信号。

3　外形结构及面板说明



前面板图

3.1　数显表

可显示机器的电流输出值，在启动状态显示实际输出电流值。

3.2　允许启动灯（POWER）

允许启动（POWER）灯亮时，表示内部缓上电保护单元动作，允许机器启动，否则机器无法开启。

3.3　点灯成功指示灯（LASER）

点灯成功指示灯（LASER）亮时，表示控制电源电压正常点灯成功。

3.4　报警灯（ALARM）

报警灯亮时，表示：a.欠压保护动作。当电源电压低于欠压保护动作值时，POWER 灯熄灭，ALARM 灯点亮；电源电压恢复正常，POWER 灯点亮，ALARM 灯熄灭。b.机器过流保护动作。当输出电流大于额定电流时，过流保护动作，ALARM 灯点亮。只有较大幅度地减小电流设定值，保护才能撤消，ALARM 灯熄灭。

3.5　电流调节旋纽

在内控方式，面板电流调节旋纽可调节电流的大小。顺时针旋转加大电流值；反之，减小电流值。

3.6　启动按钮（START）

在允许启动灯亮时按动此按钮，可启动机器。

3.7 内、外控开关（INNER—OUTER）

将内、外控（INNER—OUTER）开关拨到相应位置，可以选择机器由本机面板控制（即内控方式）或者由外控接口控制（即外控方式）。

3.8 停止按钮（STOP）

任何时候按动此按钮，机器停止工作。

3.9 电源总开关

拨动开关，可接通或分断机器的总电源。

3.10 电源插座

机器电源进线插座为四芯针式航空插座，型号为 P20J6A，可用 P20J6Q 型航空插头将电源接入。

3.11 高压输出端子

机器输出接线端子分 555 红、555 黑二接线柱，红色为正极，黑色为负极。

3.12 外控插座

机器外控接口为十九芯孔式航空插座，其型号为 X24J19AJ，可用 X24K19PJ 型航空插头联接外控电路。

3.13 外控保护端子

外控保护端子为两只小红色接线柱，连接外控保护触点，触点接通时允许机器工作。

---

4 安装接线

4.1 电源线

本安装置通过标准的 P20K6Q 航空插头（随机附件）与电源连接。

注意：对于不同的机型，有不同的接法：

4.1.1 STCW24AG，STCW34AG 型

STCW24AG，STCW34AG 型机输入电源为三相四线 380VAC，适用于电网相电压为 380V 的国家。**航空插头第 1、2、3 脚分别接三相火线 ABC（无相序要求），第 4 脚接零线。**三相火线须有足够的负载能力即大于电源标称电流值，零线为控制电源用，其容量为 5A。

4.1.2 STCW22AG，STCW32AG，STCW42AG 型

STCW22AG，STCW32AG，STCW42AG 型机输入电源为三相四线 380V，适用于电网线电压为 380V 的国家。请按图十一连接输入电源线，**航空插头第 1、2、3 脚分别接三相火线 ABC（无相序要求），第 4 脚接零线。**由于该类型号电源工作时，其电流流经电源零线，所以**零线必须有足够的过流能力，一般应大于电流标称电流值的 1.5 倍。**

4.1.3 STCW22CG，STCW32CG，STCW42CG 型

STCW22CG，STCW32CG，STCW42CG 型机输入电源为三相相电压 220VAC，适用于电网单相电压为 110V 的国家。**航空插头 1、2 脚分别两相火线，3、4 脚相连后接剩下的另一火线。**

4.1.4 STCW22BG，STCW32BG 型

STCW22BG，STCW32BG 型机输入电压为单相 220V，航空插头 1、2 脚相连后接火线，3、4 脚相连后接零线。STCW22BG，STCW32BG，STCW42BG 型机亦可输入单相 220V 的电源，航空插头 1、2 脚相连后接火线，3、4 脚相连后接零线。

注意：插头及插座上的脚号应仔细核对，如出错将会导致机器损坏！

4.2 氪灯连接线

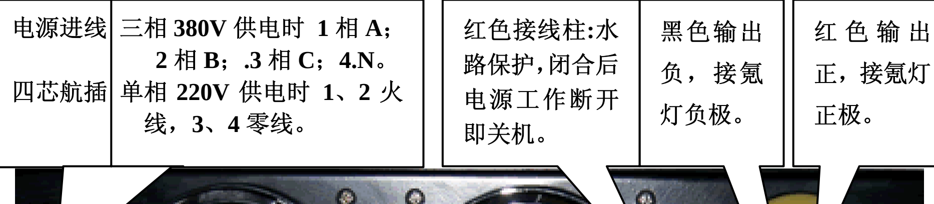
氪灯的连接线是通过电源后面板绝缘板上的两个接线柱接出的，红色接线柱是正极高压端（在上端），黑色接线柱是负极低压端（在下端）。这两个接线柱在点火时将出现数万伏的高压脉冲，接线在保证截流量 40A 的前提下要求有高压防护。一般情况下可在塑料线外加套壁厚 1 毫米以上的塑料套管。高压走线与任何导体的距离应在 50 毫米以上。

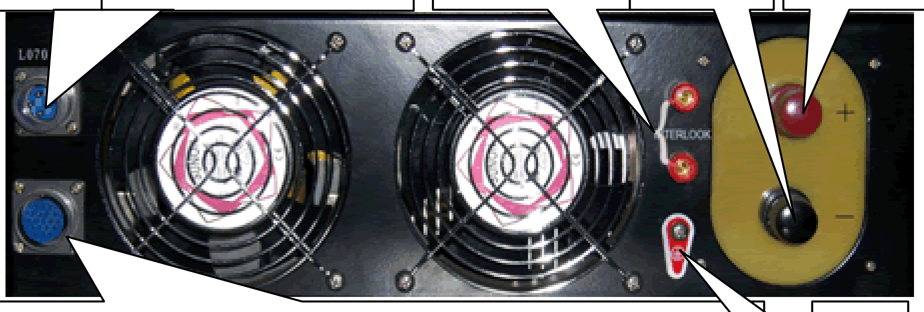
注意：氪灯管是有极性的，若接错有可能无法引燃点火，严重时有可能损坏氪灯管及电源。

4.3 外控线

机器所配十九芯外控接口各脚的定义如 2.9 节表格。用户如需进行休眠控制，外控接口请相对于 17 脚从 16 输入一高电平信号，否则机器引燃成功后将一直处于休眠状态（外控接口的详细内容请参见图）。为方便用户试机，出厂前外控插头已按没有休眠接好，因此，请用户试机前插入外控航空插头并旋紧旋钮。

注意：外控启动和停止触点容量大于 5A/240VAC。外控信号线要用屏弊线，以免信号因长距离传送受干扰。机内提供＋5V/200mA 电源，可给外控指示灯和数显表供电。由于该电源与机内控制电源共地，所以应避免该电源的错误使用。





19 芯航插: 1、2 常闭，外部断开即关机。2、3 常开，外部闭合即开机。4、5、6 外控时，电位器电流调节，分别对应电位器 2、3、1(2KΩ)。7、8、9、10 分别对应外部 1.999V5135 显示表头 Vin+、Vin–、GND、+5V。状态指示发光二极管的负极接 11power、12alarm、13laser、14stop、15run。正极都接第 10 脚，16(接+5V)、17(-)高电平工作，低电平休眠，正常工作时可接到 10(+5V)和 9(GND)脚。18、19 为点灯成功信号光偶输出。

接大地

后面板接线图

4.4　保护接地

~~由于本机采用全金属外壳，按安全规程~~必须保护接地。该项措施关系到操作者的人身安全，必须可靠保证。接地点是后面板的小黑色接线柱。

接线完成后，务请复查一遍，保证准确无误。否则，一旦接线错误，有可能造成严重事故。

5　通电检查与操作说明

接线完成且检查无误后，才能进行通电检查。通电检查用内控方式进行。

第一步：接通进线电源，合上面板上的电源总开关，前面板上的数显表、电源指示灯“POWER”亮，停止按键“STOP”灯亮、散热风机开始工作为正常。

第二步：将前面板上的控制开关拨到内控“INNER”位置，调整电流调节旋钮至最小，（注意：出厂时最小给定电流已调为 7.0A，最大给定电流值调为标称额定电流。）如一切正常，可继续进行通电检查。否则请与代理商或本公司联系。

第三步：启动冷却系统，待冷却系统正常工作且外控保护接点连通后，按下启动“START”按键，这时停止指示“STOP”灯熄灭，启动指示“START”灯亮，数显表应显示一个非常接近零的值。若无反应，请断开面板上的电流总开关，检查外控保护接点是否可靠连通。若连通后仍不能工作，请与代理商或本公司联系。

第四步：启动后，电源 6 秒钟内自动开始点火。一般情况下，一次点火灯管即可连续发光，如果点火不成功，自动点火系统将以 4 秒的重复周期自动重复点火，直到点火成功为止。如果连续五次以上都点火不成功，则应停下并确定是何故障，不宜连续点火 10 次以上，如果灯管仅在高压击穿时闪光而不能持续发光，有可能是机内所设最小给定电流值（通常出厂时设定于 7A）小于灯管放电最小电流而致，这时可适当加大最小给定电流值，点火成功后，数显表显示实际工作电流。

任何情况下按下停止“STOP”按钮，接触器即应跳闸，机器停止工作，输出电流为零。同时运行指示灯“START”熄灭，停止灯“STOP”亮，数显表为零数值。至此，通电检查全部完成。

正常操作流程如下：

A．启动冷却系统；

B．合上面板上的电源总开关（空开）；

C．选择控制方式。采用机内控制时，把选择开关拔至内控“INNER”处；如采用远程控制，应将选择开关拨至外控“OUTER”处；

D．调节好给定电流；

~~E．按“START”按钮启动机器，机器开~~始工作；

F．微调电流到需要值；

G．按“STOP”按钮停机，机器停止工作；

H．关断面板上的电流总开关；

I．关闭冷却系统。

6 参数调整

本电源出厂前，已进行过全面的调试，用户若无特殊使用要求，一般不需作任何调整，即可正常使用。

7　使用建议

7.1　加强抗干扰措施

本激光电源属于大于功率高频开关电源，它不可避免地会对外泄漏一些电磁污染（这是开关电源尤其是大功率开关电源普遍存在的问题），因而可能对一些电磁兼容性能稍差的敏感设备，如振镜、变型仪和计算机等产生一定的影响，建议用户采取必要的抗干扰措施。

7.1.1　屏弊

本机器机壳应有良好接地，激光腔金属支架、振镜防护外壳必须与本机器一样在一点接地，接地技术请参考有关接地保护资料。灯线是最容易辐射干扰的源泉，如有条件，最好采用高压频蔽线。（**注意：灯线上有数万伏的高压脉冲，必须保证可靠绝缘。**）

7.1.2　电源隔离

电污染有可能通过电源线耦合，干扰敏感设备的工作。可以考虑增设电源净化器。最好在激光电源的入线端加上由电感电容网络构成的电源净化器，但必须保证相应的电流容量。或者，采用隔离变压器专门给敏感设备供电，排除来自电源线的干扰。

采取以上两项措施后，一般情况下可以解决干扰问题。如果还有干扰，就需要查清干扰通道，采取相应的措施。

7.1.3　腔体悬浮

如果氪灯电极与激光腔体之间绝缘强度不够高，高电压触发氪灯时很容易在其电极与~~激光腔体之间打火，为了避免高压通过腔体窜~~入其它设备，建议用户将激光腔体与其金属支架作电气绝缘处理即腔体悬浮。采取此措施，既能降低电极与激光腔体之间的打火概率，又能避免其它设备受高压损害。

7.2　装置供电电源的选择

由于考虑了供电电源的多样性，本装置动力回路的整流部分可根据用户预先选定的供电方式进行制作。用户在订购本装置时，应指明供电方式。可供选择的供电方式有：

380V 三相四线 (适用于 STCW24AG 型，STCW34AG 型，STCW22AG 型，STCW32AG 型，STCW42AG 型).

220V 三相三线 (适用于 STCW22CG 型，STCW32CG 型及 STCW42CG 型。适用于 110V 国家).

单相 220V (适用于 STCW22BG 型，STCW32BG 型，STCW22BG 型，STCW32BG 型及

STCW42BG 型同样适用)

如用户不加指定，则均采用 380V 三相四线供电方式。

8　异常现象释疑与处理方法

用户如发现机器有异常现象，可参阅本章进行检查和处理，涉及机内任何部件的调整，必须要获得代理商或本公司技术部门的认可。

异 常 现 象	原　因	处 理 方 式
1.无显示，风机不转或跳闸	(1)电源未连通或错误 (2)因运输原因可能接线松动	(1)检查电源进线 (2)查看有无松动，脱落的地方
2.START/STOP 灯不亮	(1)按钮接触不良 (2)缺相电压	(1)轻按动按钮几次使其良好接触，更换按钮 (2)检查输入电压
3.按 START/键，无反应	(1)外控保护接点未连通 (2)外控关机按钮未闭合 (3)供电错误	(1)检查外控保护节点及冷却系统 (2)检查 19 芯外控 1/2 脚是否闭合 (3)检查电源接线
4.多次点火不成功	(1)最小给定电流值过小 (2)点火引燃高压偏低 (3)电极的耐压不够，电极附近出现打火现象 (4)高压引燃单元坏 (5)氪灯老化或损坏	(1)适当加大最小给定电流值 (2)请本公司或代理商帮助调节 (3)解决绝缘耐压问题 (4)与本公司联系维修 (5)更换氪灯
5.ALARM 灯亮，显示电流猛减；电流调不上去或关机	正常，过流保护动作	调小电流重新启动
6.“POWER”灯灭，按动“START”键有响应但无电流输出	电网电压过低，欠电压保护单元动作	停机并参阅“欠电压保护”
7.在使用时电源有轻微啸叫声	正常，变频 PWM 自动调节驱动频率变低	可正常使用
8.“ALARM”灯亮，突然自动停机，稍候，重启动成功	(1)外控保护接点断开 (2)过热保护单元动作 (3)过流保护 (4)缺相保护	(1)检查外控保护接点及冷却系统 (2)改善通风散热条件 (3)减小电流 (4)检查电源进线是否接好
9.引燃成功后，调节电流设定值时，输出电流不变	(1)正常机器处于休眠状态或外接线错误 (2)电位器故障或接线错误	(1)检查外接线及休眠接线. (2)更换电位器，检查接线